

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 44 241 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
F 02 M 55/02  
F 02 M 57/00  
F 02 M 63/00

21 Aktenzeichen: 195 44 241.5  
22 Anmeldetag: 28. 11. 95  
43 Offenlegungstag: 13. 6. 96

DE 195 44 241 A 1

30 Innere Priorität: 32 33 31

10.12.94 DE 44 44 007.3

71 Anmelder:

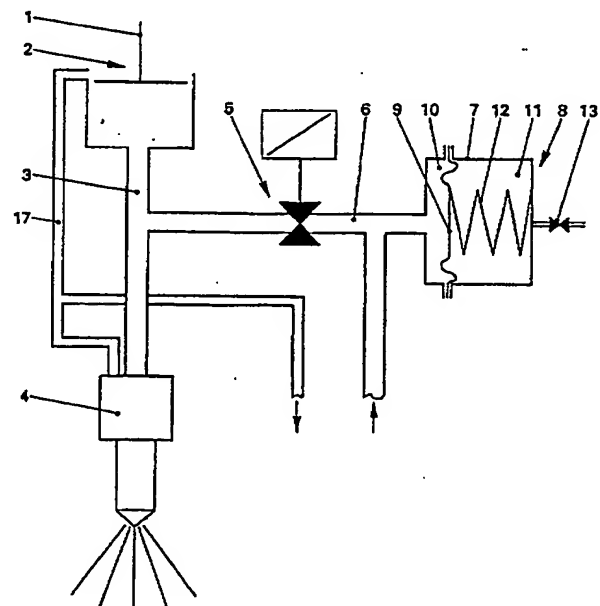
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

72 Erfinder:

Scher, Uwe, 31303 Burgdorf, DE; Stehr, Hartmut,  
Dipl.-Ing., 21409 Embsen, DE; Ditschun, Erwin, 38226  
Salzgitter, DE; Hunkert, Steffen, Dipl.-Ing., 38444  
Wolfsburg, DE

64 Einrichtung zur geräuscharmen Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff

57 Diese mit einer Hochdruckpumpe (2), einem Hochdruckraum (3), einer Einspritzdüse (4), einem Absteuerventil (5) und einem Kraftstoffzulauf (6) versehene Einrichtung weist zur Vermeidung von infolge des Öffnens bzw. Schließens des Absteuerventils (5) entstehenden Geräuschen stromauf des Absteuerventils (5) ein strömungstechnisch mit dem Kraftstoffzulauf (6) verbundenes Ausgleichsvolumen (8) auf (Fig. 1).



DE 195 44 241 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bei allen bekannten Kraftstoff-Hochdruckeinspritz-Systemen, bei denen Einspritzbeginn und Einspritzende mittels eines beispielsweise als Elektromagnet oder Piezo ausgebildeten, schnellschaltenden Ventiles hochdruckseitig gesteuert werden, besteht das Problem, daß mit der schnellen Absteuerung des hohen Druckes störende Geräusche entstehen. Dieses Problem ist sowohl von magnetventilgesteuerten Verteiler-Einspritzpumpen, Steckpumpen oder sogenannten Pumpe-Düse-Einheiten bekannt. Das Problem verschärft sich mit zunehmendem Einspritzdruck und zunehmender Absteuerungsgeschwindigkeit, wobei beides für eine optimale Verbrennungsqualität des eingespritzten Kraftstoffes vorteilhaft ist.

Ein elektromagnetisch angesteuertes Hochdruck-Einspritzventil ist beispielsweise aus der EP-02 62 539 B1 bekannt.

Eine Kolbenbrennkraftmaschine mit Kraftstoff-Direkteinspritzung und einer ventilsteuerten Verteiler-Einspritzpumpe ist z. B. aus der DE-Z MTZ-Motortechnische Zeitschrift 53 (1992), Seite 94 ff bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur geräuscharmen Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff, mit einer Hochdruckpumpe, einem mit dieser verbundenen Hochdruckraum und einer aus diesem Hochdruckraum gespeisten Einspritzdüse zu schaffen, welche die durch die hohen Kraftstoffdrücke im Zusammenhang mit einem den Kraftstoffzulauf steuernden Absteuerventil entstehenden Geräusch zu minimieren.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen benannt.

Eine wesentliche Ursache für die Geräuschenstehung ist darin zu sehen, daß zu Einspritzbeginn und zu Einspritzende durch Betätigung des Absteuerventiles der unter einem vergleichsweise niedrigen Druck stehende Kraftstoffzulauf mit dem Hochdruckraum verbunden wird bzw. von diesem getrennt wird. Der Ablauf ist da bei folgender: Zunächst wird bei geöffnetem Absteuerventil der Hochdruckraum bzw. die Hochdruckpumpe über den Kraftstoffzulauf mit Kraftstoff versorgt. Anschließend erfolgt eine Rückförderung von Kraftstoff, verursacht durch die Hochdruckpumpe, entgegen der Kraftstoffzulaufrichtung. Zur Einleitung der Einspritzung wird dann das Absteuerventil mit hoher Geschwindigkeit geschlossen. Dabei wird die Kraftstoffsäule schlagartig durch das Schließen des Absteuerventiles abgesperrt, so daß es zu einer Unterdruckwelle im Zulauf sowie zu Hohlraumbildung (Kavitation) kommt. Nach erfolgter Einspritzung wird durch schnelles Öffnen des Absteuerventiles der Hochdruckraum, in welchem Drücke von über 1 500 bar vorliegen können, schlagartig mit dem unter vergleichsweise niedrigem Druck stehenden Kraftstoffzulauf verbunden. Es breitet sich erneut eine Druckwelle, ausgehend vom Hochdruckraum, über das geöffnete Absteuerventil in den Kraftstoffzulauf aus, welches wiederum zu unerwünschten akustischen Anregungen führt. Durch die Expansion des vorher im Hochdruckraum vorgespannten Kraftstoffes wird eine bestimmte Kraftstoffmenge mit hoher Energie beschleunigt, so daß es am Ende des Ausströmvorganges im Hochdruckraum zu einer weiteren Hohl-

raumbildung kommt.

Diese nur sehr kurzfristig bestehenden Hohlräume implodieren nach kurzer Zeit schlagartig unter erheblicher Geräuschabstrahlung.

Hier greift die Erfindung dadurch ein, daß in dem Kraftstoffzulauf stromab des Absteuerventils ein über eine Querschnittserweiterung an den Kraftstoffzulauf an geschlossenes Ausgleichsvolumen angeordnet ist. Dieses Ausgleichsvolumen bewirkt, daß die bei der Absteuerung in den Zulauf ein gebrachte Energie nicht als Druckwelle in die Kraftstoffleitung übertragen wird bzw. die Kraftstoffsäule nicht beschleunigt wird. Statt dessen wird die im Kraftstoff gespeicherte Bewegungsenergie im wesentlichen durch das Ausgleichsvolumen aufgenommen und abgefedert.

Vorteilhaft ist dieses Ausgleichsvolumen in unmittelbarer Nähe des Absteuerventiles angeordnet und kann mit diesem baulich zu einer Einheit zusammengefaßt sein. In einem Fall kann das Ausgleichsvolumen durch eine Querschnittserweiterung des Kraftstoff-Zulaufes gebildet werden, wobei die ein gebrachte Energie über den Querschnittsprung dissipiert. Für bestimmte Anwendungsfälle kann eine Parallelschaltung des Ausgleichsvolumens durch Anordnung eines Bypass vorteilhaft sein.

In einer anderen Ausführung erfolgt der Kraftstoffzulauf zwischen Absteuerventil und dem Ausgleichsvolumen, welches mittels einer elastischen Trennwand unterteilt ist. Der Zulauf mündet dabei in ein Speichervolumen, welches durch eine elastische Trennwand flüssigkeitsdicht von einem gasgefüllten Federvolumen abgeteilt ist. Dieses Federvolumen kann unter einem bestimmten Überdruck stehen oder eine die Trennwand entgegen dem Kraftstoffdruck vorspannende Druckfeder aufweisen.

Besonders vorteilhaft ist die erfindungsgemäße Einrichtung beispielsweise bei einer Hubkolben-Brennkraftmaschine mit Kraftstoff-Direkteinspritzung anwendbar, bei welcher Hochdruckpumpe, Hochdruckraum und Einspritzdüse zu einer sogenannten Pumpe-Düse-Einheit zusammengefaßt im Zylinderkopf angeordnet ist. Hierbei lassen sich Absteuerventil und Ausgleichsvolumen baulich in die Pumpe-Düse-Einheit integrieren.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

Dabei zeigen:

Fig. 1 Schematisch eine erste Ausführung der Erfindung,

Fig. 2 schematisch eine andere Ausführung der Erfindung und

Fig. 3 einen Querschnitt durch einen Zylinderkopf einer Hubkolben-Brennkraftmaschine mit einer Aufnahme für die Einrichtung.

Die Einrichtung zur geräuscharmen Hochdruckeinspritzung wird im wesentlichen gebildet aus einer einen Kolben 1 aufweisenden Hochdruckpumpe 2, einen mit dieser verbundenen Hochdruckraum 3 und einer aus diesem Hochdruckraum 3 gespeisten Einspritzdüse 4, welche Kraftstoff in einen nicht gezeigten Brennraum einer Brennkraftmaschine direkt einspritzt.

Weiterhin weist die Einrichtung einen mit einem elektromagnetisch betätigbaren Absteuerventil 5 versehenen Kraftstoffzulauf 6 auf.

Dieser Kraftstoffzulauf 6 weist ein in einem Gehäuse 7 an geordnetes Ausgleichsvolumen 8 auf. Gemäß einer in Fig. 1 gezeigten Ausführung erfolgt der Kraftstoffzu-

lauf zwischen dem Absteuerventil und dem Ausgleichsvolumen 8. Dieses Ausgleichsvolumen 8 ist mittels einer elastischen Trennwand 9 in ein mit dem Kraftstoffzulauf 6 verbundenes Speichervolumen 10 und ein davon flüssigkeitsdicht abgeteiltes, gasgefülltes Federvolumen 11 unterteilt. In diesem Federvolumen 11 ist ein als Druckfeder 12 ausgebildetes, die Trennwand 9 entgegen dem Kraftstoffdruck vorspannendes elastisches Mittel angeordnet, welches sich am Gehäuse 7 abstützt. Das Gehäuse 7 weist ein mit dem Federvolumen 11 kommunizierendes Drosselventil 13 auf.

Die Hochdruckpumpe 2 wird in nicht gezeigter Weise von einem Nocken 14 und einem Kipphebel 15, welche in einem Zylinderkopf 16 gelagert sind, betätigt, vergleiche Fig. 3. Der Hochdruckraum 3 weist an einer mit dem nicht betätigten Kolben 1 korrespondierenden Stelle einen Kraftstoffrücklauf 17 auf.

Im Betrieb der Einrichtung gemäß Fig. 1 wird bei geöffnetem Absteuerventil 5 über den Kraftstoffzulauf 6 mit einem vergleichsweise niedrigen Druck von z. B. 5 bar der Hochdruckraum 3 und das Speichervolumen 10 mit Kraftstoff gefüllt. Der Kolben 1 befindet sich in einer den Kraftstoffrücklauf 17 freigebenden, obersten Stellung. Zur Einleitung der Hochdruckeinspritzung wird mittels Nocken 14 und Kipphebel 15 der Kolben 1 den Hochdruckraum 3 verdichtend bewegt, wobei die Kraftstoffsäule im Kraftstoffzulauf 6 durch das Absteuerventil 5 hindurch entgegen der Zulaufrichtung verdrängt wird. Für die Einspritzung wird anschließend das Absteuerventil 5 schlagartig geschlossen, wobei sich stromab des Absteuerventils 5 eine Druckwelle in dem Kraftstoffzulauf 6 ausbildet. Diese Druckwelle wird im wesentlichen durch den zwischen dem Kraftstoffzulauf 6 und dem Speichervolumen 10 angeordneten Querschnittssprung vermindert, wobei die als Membran ausgebildete Trennwand 9 entgegen der Druckfeder 12 die Druckschwankungen dämpfend verschoben wird. Zwischenzeitlich hat der Kolben 1 seine mit dem maximalen Nockenhub korrespondierende Stellung erreicht, so daß sich im Hochdruckraum der maximale Einspritzdruck, z. B. 1500 bar ausgebildet hat und die Einspritzdüse 4 öffnet. Zur gezielten Beendigung des Einspritzvorganges öffnet anschließend das Absteuerventil 5 den Kraftstoffzulauf 6 schlagartig. Hierdurch trifft unter explosionsartiger Entspannung der Kraftstoff des Hochdruckraumes 3 auf den mit relativ niedrigem Druck versehenen Kraftstoff des Zulaufes 6, wodurch sich erneut eine Druckwelle ausbildet. Diese wird wiederum in der zuvor beschriebenen Weise durch das Ausgleichsvolumen 8 abgebaut.

Eine Ausführungsform der Erfindung gemäß Fig. 2 weist ein strömungstechnisch in Reihe zu dem Kraftstoffzulauf 6 liegendes Ausgleichsvolumen 8 auf, welches die Druckwellen im wesentlichen durch Dissipation mittels zweier Querschnittsprünge reduziert. Hierbei ist ein Abschnitt des Kraftstoffzulaufes 6 über eine Querschnittserweiterung an das Ausgleichsvolumen 8 angeschlossen und ein stromab liegender Abschnitt dieses Zulaufes 6 über eine Querschnittsreduzierung.

In einer Abwandlung der Ausführung nach Fig. 2 kann das Arbeitsvolumen 8 in einer Parallelschaltung im Kraftstoffzulauf angeordnet sein, wobei der Kraftstoffzulauf 6 einen strömungstechnisch parallel angeordneten, gestrichelt gezeichneten Bypass 18 aufweist.

Fig. 3 zeigt einen Teil des Zylinderkopfes 16 mit einer Aufnahme 19, in welcher in nicht gezeigter Weise eine aus der Hochdruckpumpe 2, dem Hochdruckraum 3 und der Einspritzdüse 4 gebildete Pumpe-Düse-Einheit an-

geordnet ist. Diese wird über den auf einer Nockenwelle angeordneten Nocken 14 und den Kipphebel 15 betätigt. Der Kraftstoffzulauf 6 ist in Form einer Längsbohrung 20 im Zylinderkopf 16 ausgebildet. Das Ausgleichsvolumen 8 ist unmittelbar benachbart zum Kraftstoffzulauf 6 in Form eines Einstiches 21 ausgebildet. Der Kraftstoffrücklauf 17 ist ebenfalls als eine Längsbohrung 22 ausgebildet.

Die Pumpe-Düse-Einheit ist mit einem nicht gezeigten Flansch an einem Gegenflansch 23 des Zylinderkopfes 16 befestigt, wobei der Flansch der Pumpe-Düse-Einheit das Absteuerventil 5, welches in einem Bauraum 24 angeordnet ist, trägt.

Alternativ hierzu kann unter Entfall des Einstiches 21, daß das Ausgleichsvolumen 8 tragende Gehäuse 7 unmittelbar benachbart zum Absteuerventil 5 an dem Flansch gehalten sein.

Zur Erzielung spezieller Dämpfungseigenschaften in dem Ausgleichsvolumen 8 kann in diesem ein vom Kraftstoff beaufschlagtes, poröses Sinterteil oder Stahlwolle o. ä. angeordnet sein.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zur geräuscharmen Hochdruck-Einspritzung von Kraftstoff mit einer Hochdruckpumpe, einem mit dieser verbundenen Hochdruckraum und einer aus diesem Hochdruckraum gespeisten Einspritzdüse, und mit einem Kraftstoffzulauf, welcher zumindest zeitweise mittels eines Absteuerventils geöffnet bzw. geschlossen werden kann und der in Verbindung mit dem Hochdruckraum steht, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftstoffzulauf (6) stromauf des Absteuerventils (5) eine Querschnittserweiterung enthaltendes Ausgleichsvolumen (8) aufweist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichsvolumen (8) mittels einer elastischen Trennwand (9) in ein mit dem Kraftstoffzulauf (6) verbundenes Speichervolumen (10) und ein davon flüssigkeitsdicht abgeteiltes, gasgefülltes Federvolumen (11) geteilt ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Federvolumen (11) die Trennwand (9) entgegen dem anliegenden Kraftstoffdruck vorspannende, elastische Mittel angeordnet sind.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein das Ausgleichsvolumen (8) aufnehmendes Gehäuse (7) ein mit dem Federvolumen (11) verbundenes Drosselventil (13) aufweist.
5. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichsvolumen (8) strömungstechnisch in Reihe liegend mit dem Kraftstoffzulauf (6) angeordnet ist, wobei ein Abschnitt des Kraftstoffzulaufes (6) stromauf des Ausgleichsvolumens (8) über die Querschnittserweiterung an das Ausgleichsvolumen (8) angeschlossen ist und ein stromab liegender Abschnitt des Kraftstoffzulaufes (6) über eine Querschnittsreduzierung an das Ausgleichsvolumen angeschlossen ist.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftstoffzulauf (6) einen das Ausgleichsvolumen (8) strömungstechnisch parallel anordnenden Bypass (18) enthält.
7. Einrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichsvolumen (8) unmittelbar be-

nachbart zum Absteuerventil (5) angeordnet ist.

8. Einrichtung nach Anspruch T, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichsvolumen (8) baulich mit dem Absteuerventil (8) eine Einheit bildend vereinigt ist.

9. Einrichtung nach Anspruch 1, mit einer die Hochdruckpumpe und die Einspritzdüse aufweisenden Pumpe-Düse-Einheit, welche in einen Brennraum einer Hubkolbenbrennkraftmaschine weisend in deren Zylinderkopf eingesetzt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgleichsvolumen (8) durch einen Einstich (21) in einer zylindrischen Aufnahme (19) für die Pumpe-Düse-Einheit gebildet ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 1 und 4, mit einer die Hochdruckpumpe und die Einspritzdüse aufnehmenden Pumpe-Düse-Einheit, welche in einen Brennraum einer Hubkolbenbrennkraftmaschine weisend in deren Zylinderkopf eingesetzt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (7) unmittelbar an einem das Absteuerventil (5) aufnehmenden Flansch der Pumpe-Düse-Einheit angeordnet ist.

11. Verwendung der Einrichtung nach Anspruch 1 in einer Hubkolbenbrennkraftmaschine, in deren Zylinderkopf (16) jedem Zylinder eine zumindest die Hochdruckpumpe (2) und die Einspritzdüse (4) aufweisende Pumpe-Düse-Einheit zugeordnet ist, wobei Absteuerventil (5) und Ausgleichsvolumen (8) mit der Pumpe-Düse-Einheit einen Bauteilverband bilden.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65

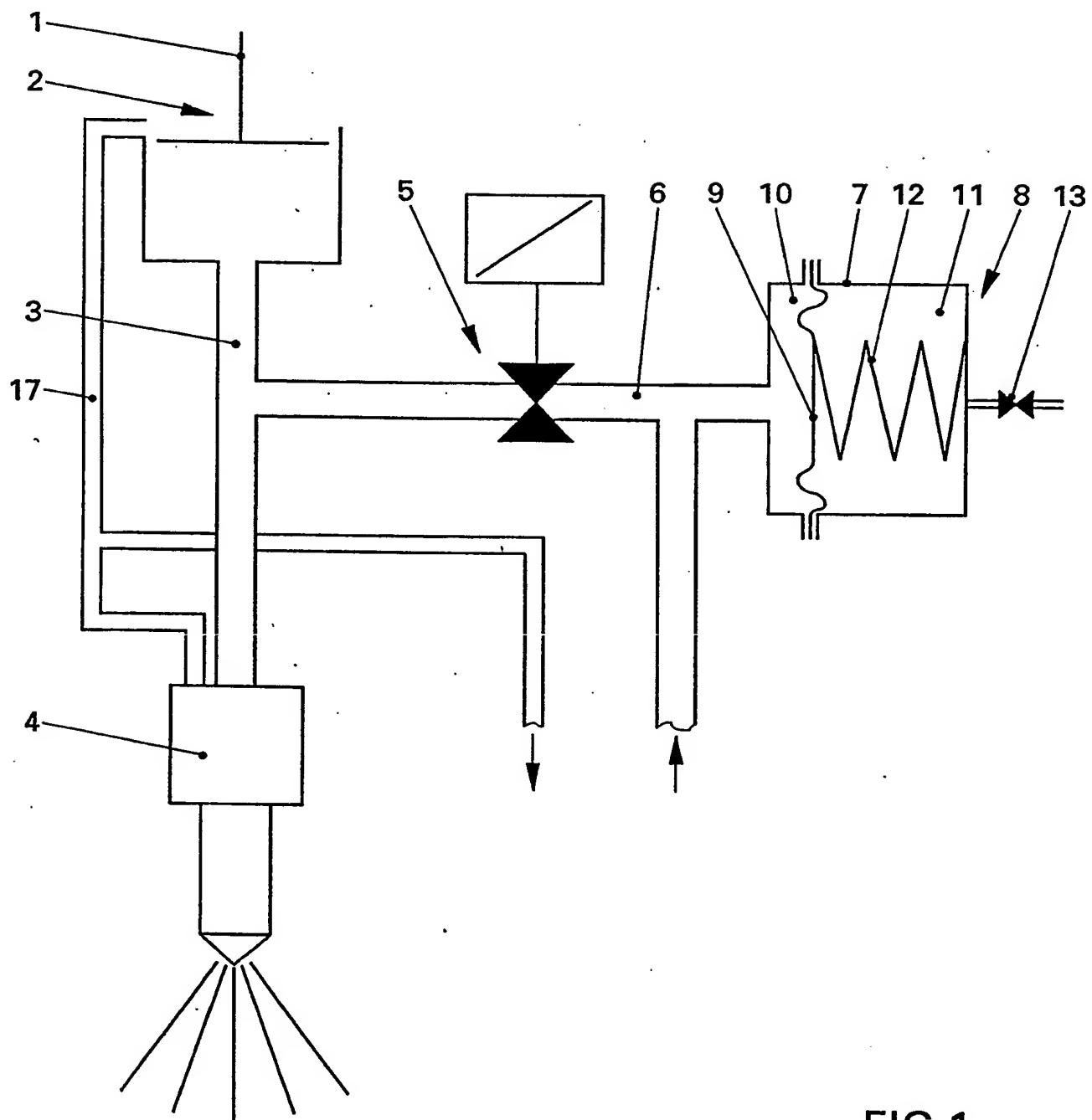


FIG 1

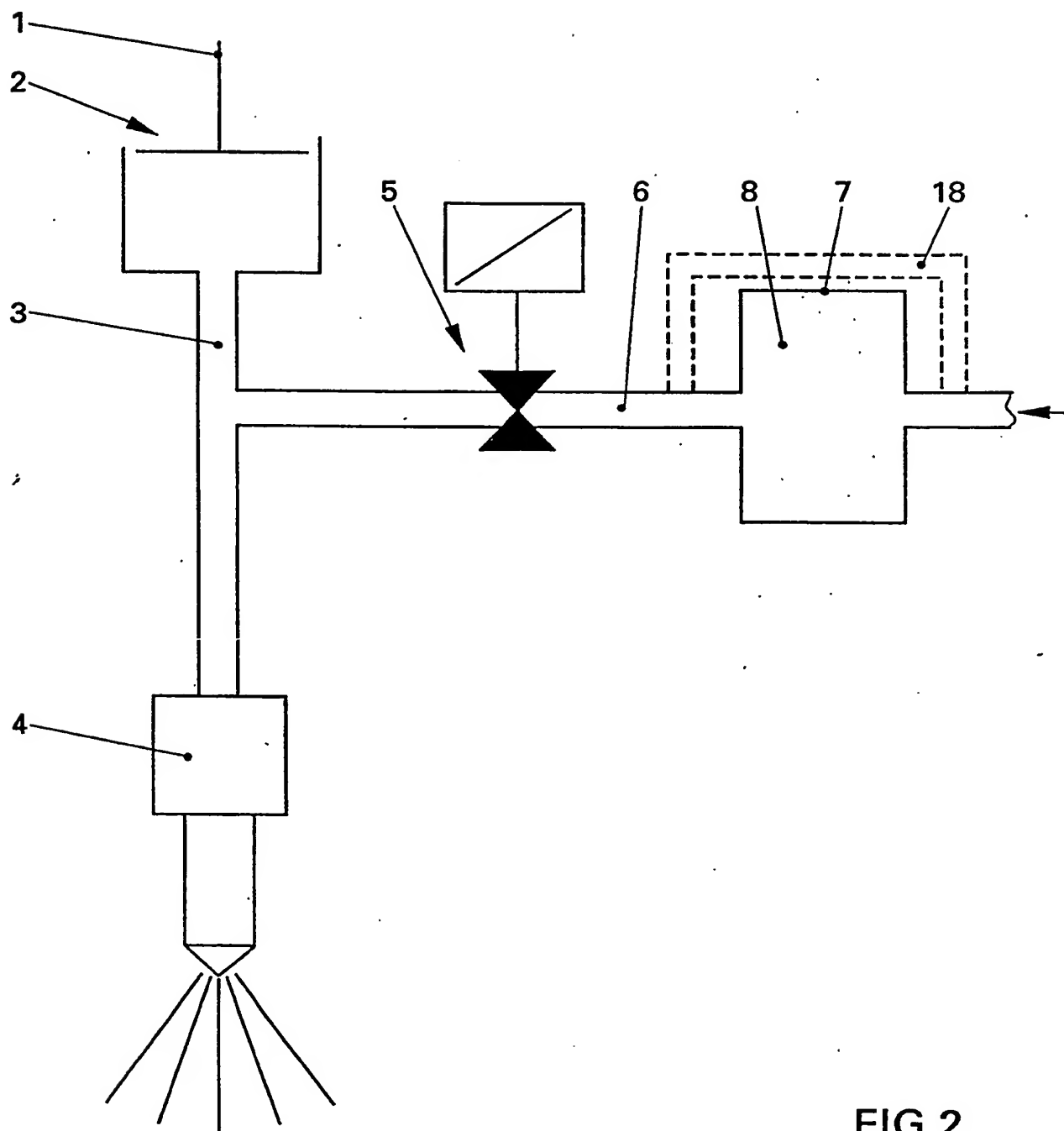


FIG 2

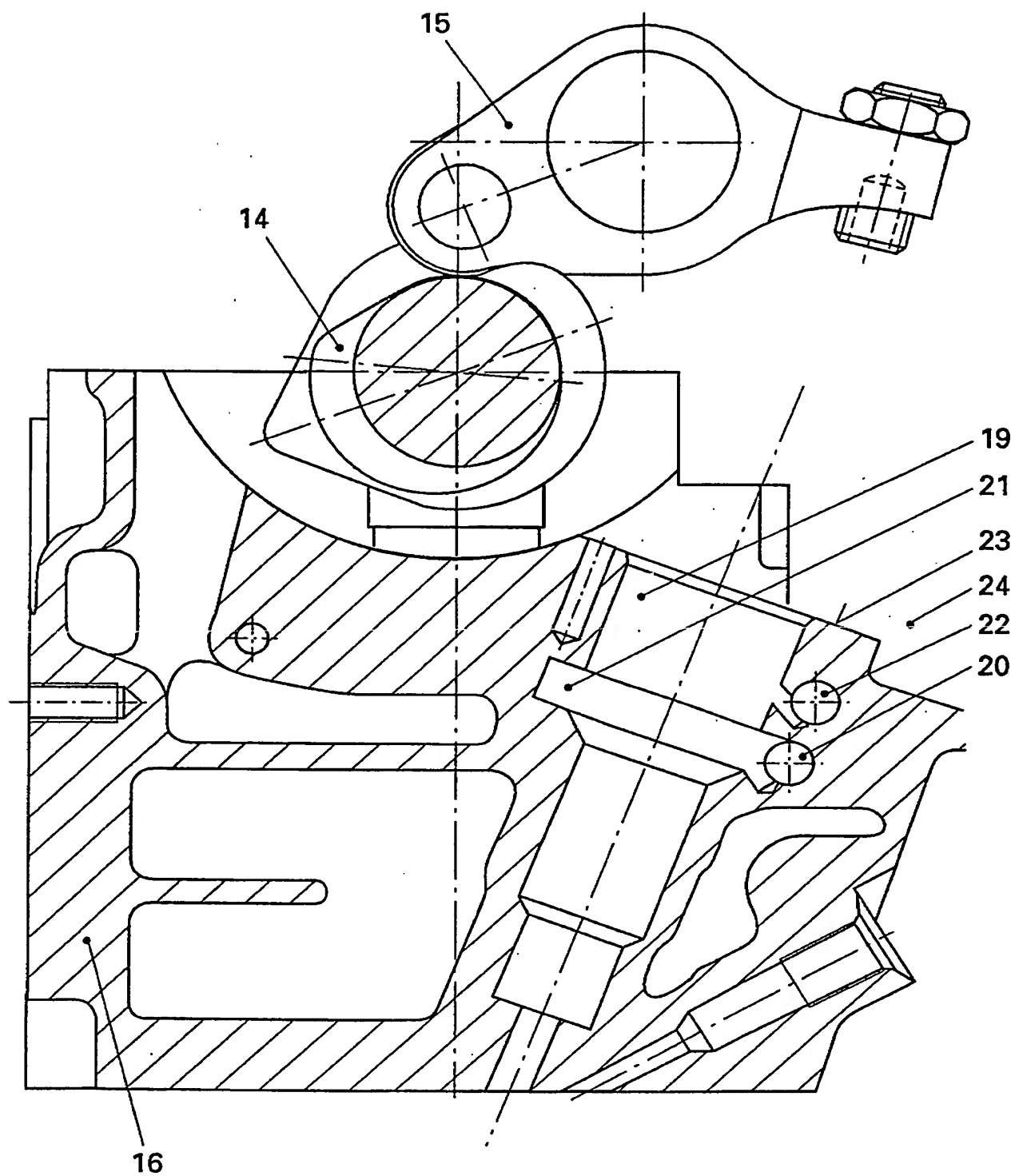


FIG 3